

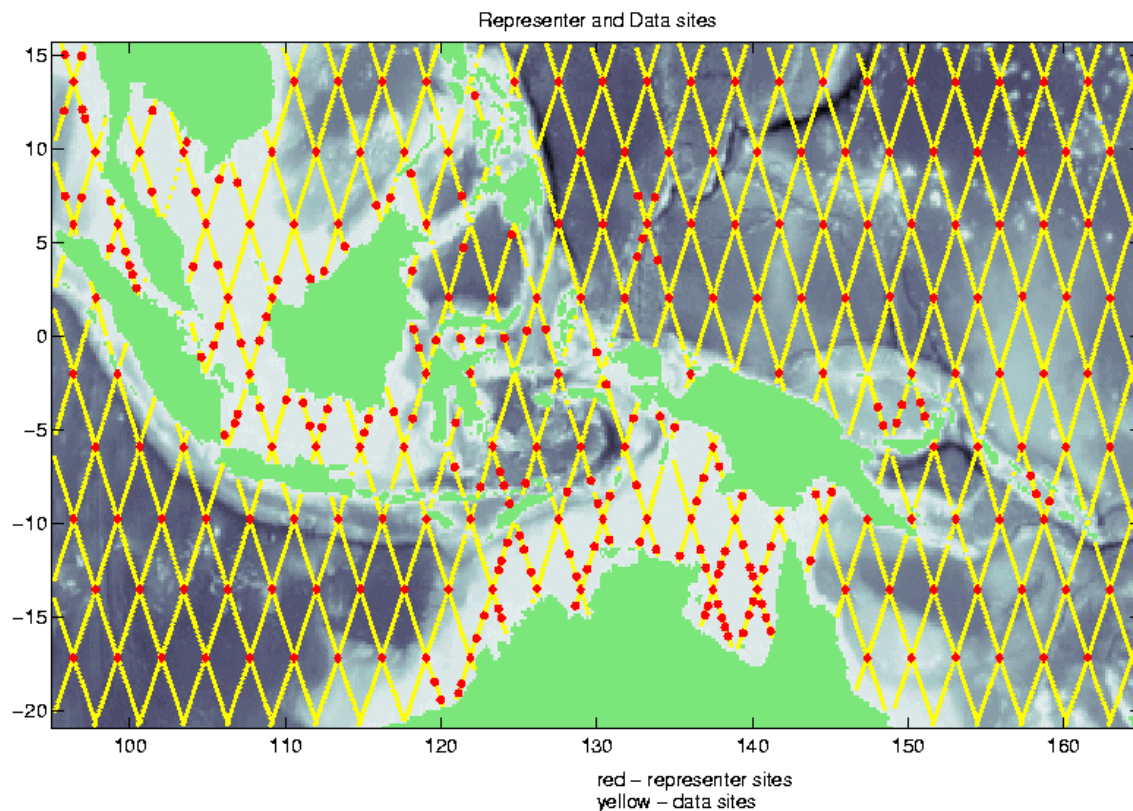
Cara Menggunakan Perangkat Lunak OTPS (*OSU Tidal Prediction Software*)

Agus Setiawan
Pusat Teknologi Lingkungan BPPT
Jl. M.H. Thamrin 8 Jakarta 10340
e-mail: a_setiawan@webmail.bppt.go.id

1. Pendahuluan

OTPS adalah perangkat lunak yang dibuat oleh *Oregon State University* (OSU) yang dapat digunakan untuk mengekstrak konstanta harmonik yang diperoleh dari model pasang surut barotropic 2 dimensi OTIS (*OSU Tidal Inversion Software*) dan meramalkan pasang surut (pasut) pada lokasi dan waktu yang diberikan. Peramalan yang dilakukan juga didasarkan pada solusi yang diperoleh oleh model OTIS tersebut, dimana solusi dari model ini tersedia untuk skala global dan regional, termasuk untuk wilayah perairan Indonesia (Egbert dan Erofeeva, 2002; Ray et al., 2005).

Solusi OTIS untuk wilayah Indonesia tersedia dengan resolusi $1/6^\circ$, dengan jumlah grid 420×200 grid dan batas daerah model $21^\circ \text{ LS} - 15,67^\circ \text{ LU}$, $95^\circ \text{ BT} - 165^\circ \text{ BT}$. Batimetri yang digunakan dalam model ini adalah Gtopo30 (Smith dan Sandwell, 1997). Model ini mengasimilasikan 5880 data altimetri dari TOPEX/Poseidon (lihat Gambar 1). Konstanta harmonik yang dapat diekstrak ada 8, yaitu: M_2 , S_2 , K_1 , O_1 , N_2 , P_1 , K_2 , dan Q_1 . Adapun alamat situs untuk mengunduh solusi dari model OTIS ini adalah <http://www.coas.oregonstate.edu/research/po/research/tide/>.



Gambar 1 Posisi data altimetri TOPEX/Poseidon yang digunakan dalam model OTIS untuk wilayah perairan Indonesia

2. Format Data OTIS

Format dari keluaran model OTIS adalah biner *big endian*, *record* dalam *byte* pada sistem operasi UNIX. Terdapat satu *header* pada data ini yang memuat informasi mengenai ukuran grid (n sel dalam bujur dan m sel dalam lintang), jumlah konstanta harmonik pasut (nc), batas daerah model ($theta_lim(2)$, $phi_lim(2)$), dan nama konstanta harmonik pasut ($c_id(nc)$). *Header* ini kemudian diikuti dengan *record* sebanyak nc yang masing-masing berisi *field* elevasi (dalam satuan meter) atau transpor (dalam satuan m^2/det) untuk satu konstanta pasut.

Semua data diberikan dalam bentuk bilangan kompleks, sehingga komponen pasut dengan frekuensi ω diberikan oleh:

$$h(t,x) = Re[h(x)e^{i(\omega(t-t_0)+V_0(t_0))}]$$

dimana $V_0(t_0)$ adalah argumen astronomis untuk komponen pasut pada t_0 . Dari format bilangan kompleks ini, amplitudo (A) dan fasa (φ) dari suatu komponen pasut dapat dihitung dengan:

$$A = |h|, \text{ dan } \varphi = \tan^{-1} (\text{Im}(h)/\text{Re}(h))$$

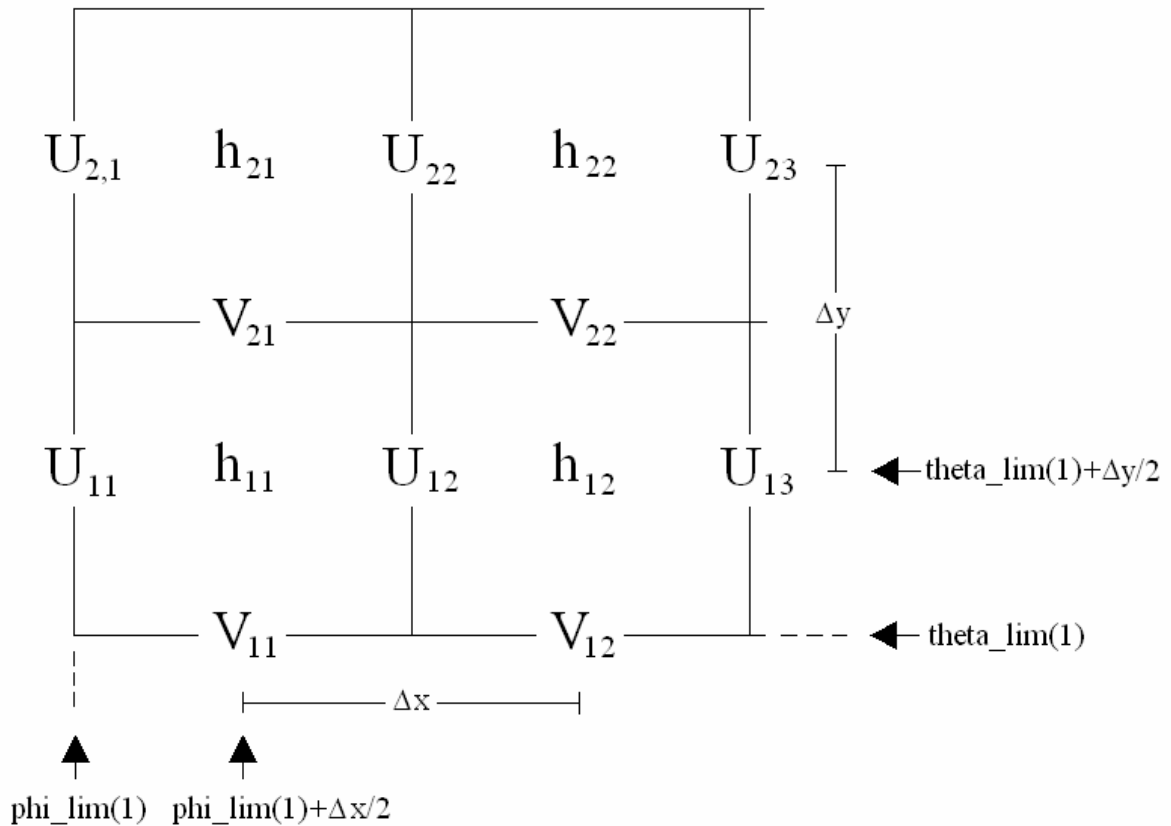
Untuk membaca data OTIS dengan menggunakan FORTRAN, perintahnya adalah:

```
integer n,m,nc
real theta_lim(2),phi_lim(2)
character*4 c_id(21)
complex, allocatable: h(:,:,:),uv(:,:,:)
complex, allocatable: u(:,:,:),v(:,:,:)
.
.
.
open(unit=1,file='h_ind',form='unformatted',status='old',
&convert='big_endian')
c---header
read(1) n,m,nc,theta_lim,phi_lim,c_id(1:nc)
allocate(h(nc,n,m))
do ic=1,nc
  read(1)h(ic,:,:)
enddo
.
.
.
allocate(uv(2,n,m),u(nc,n,m),v(nc,n,m))
open(unit=1,file='UV_ind',form='unformatted',)status='old',
&convert='big_endian')
c---skip header
read(1)
do ic=1,nc
  read(1) uv
  u(ic,:,:) = uv(1,:,:)
  v(ic,:,:) = uv(2,:,:)
enddo
.
.
.
```

Dengan perintah di atas, kita akan dapatkan elevasi (meter) dalam *array* *h* dan transpor (m^2/det) dalam *array* *u* dan *v* untuk *nc* konstanta pasut dalam grid $n \times m$.

3. Konvensi Grid dalam OTIS

Terdapat *n* grid dalam arah bujur dan *m* dalam arah lintang. Elevasi dan transpor diberikan dalam grid Arakawa-C, dimana *U*, *V*, dan *h* dalam grid tidak terletak pada posisi yang sama (lihat Gambar 2).



Gambar 2 Konvensi grid dalam OTIS

Lintang (*lat*) dan bujur (*lon*, dalam derajat) untuk simpul grid individual adalah:

Untuk simpul-*h*: $lat(i,j) = theta_lim(1) + (j-.5)*\Delta y$
 $lon(i,j) = phi_lim(1) + (i-.5)*\Delta x$

Untuk simpul-*U*: $lat(i,j) = theta_lim(1) + (j-.5)*\Delta y$
 $lon(i,j) = phi_lim(1) + (i-1)*\Delta x$

Untuk simpul-*V*: $lat(i,j) = theta_lim(1) + (j-1)*\Delta y$
 $lon(i,j) = phi_lim(1) + (i-.5)*\Delta x$

Dimana Δx dan Δy masing-masing adalah spasi ruang dalam arah bujur dan lintang.

4. File-file dalam OTPS

File-file yang terdapat dalam **OTPS.tar** dapat dilihat pada Gambar 3. Ada dua program utama (*source code* dalam bahasa FORTRAN), yaitu **extract_HC.f** dan **predict_tide.f**, yang masing-masing berfungsi untuk mengekstrak konstanta harmonik dan meramalkan pasut. Kedua program ini memerlukan *file subs.f* yang berisi *subroutine-subroutine* yang dipanggil oleh kedua program tersebut dan *file constit.h* yang berisi parameter standar pasut seperti amplitudo dan frekuensi konstanta pasut utama. Selain itu, kedua program tersebut juga memerlukan *file* masukan bernama **setup.inp**, **Model_***, dan **lat_lon_time**.

Name	Typ	Größe	Komprimiert...	Pfad
arc.out	OUT-Datei	335	335	otps\
constit.h	H-Datei	3,691	3,691	otps\
dumsetup	Datei	2,616	2,616	otps\
extract_HC.f	Fortran Source File	9,850	9,850	otps\
extract_HC_sample_out	Datei	819	819	otps\
lat_lon_arc	Datei	204	204	otps\
lat_lon_time	Datei	1,972	1,972	otps\
load_file	Datei	20,822,...	20,822,636	otps\data\
makefile	Datei	179	179	otps\
Model_Arc5km	Datei	150	150	otps\data\
Model_Far	Datei	126	126	otps\data\
Model_tpx06.2	2-Datei	128	128	otps\data\
predict_tide.f	Fortran Source File	12,123	12,123	otps\
predict_tide_sample_out	Datei	880	880	otps\
Readme	Datei	8,944	8,944	otps\
setup.arc	WinZip-Datei	2,615	2,615	otps\
setup.inp	INP-Datei	2,614	2,614	otps\
setup.tpx	TPX-Datei	2,614	2,614	otps\
subs.f	Fortran Source File	44,205	44,205	otps\
tpx.out	OUT-Datei	400	400	otps\
weights.h	H-Datei	1,718	1,718	otps\
zArc.out	OUT-Datei	559	559	otps\

Gambar 3 File-file yang terdapat dalam OTPS

Berikut adalah contoh dari *file* masukan **setup.inp**:

```
DATA/Model_ind      ! 1. tidal model control file
lat_lon_time        ! 2. latitude/longitude/time file
z                   ! 3. z/U/V/u/v
m2,s2,n2,k2,k1,o1,p1,q1 ! 4. tidal constituents to include
AP                  ! 5. AP/RI
oce                 ! 6. oce/geo
1                   ! 7. 1/0 correct for minor constituents
tmp                 ! 8. output file (ASCII)
```

Keterangan dari setiap baris:

1. *File* kontrol model pasut (minimum 3 baris, dalam format ASCII, dan berisi informasi tentang nama *file* elevasi, transpor, dan grid batimetri). Jika kita telah mengunduh solusi dari model OTIS untuk wilayah Indonesia, dalam *file* yang kita unduh tersebut akan terdapat *file* kontrol bernama **Model_ind** dengan isi sbb:

```
DATA/h_ind
DATA/UV_ind
DATA/grid_ind
```

Yang berisi informasi nama *file* serta direktori tempat *file* itu berada, dimana *h_ind* adalah nama *file* elevasi, *uv_ind* adalah nama *file* transpor, dan *grid_ind* adalah nama *file* grid batimetri, yang berfungsi untuk mengubah posisi *x,y* ke *lon,lat*. Sedangkan *DATA* merujuk ke nama sub direktori tempat *file-file* tersebut berada.

Baris pertama ini dapat dibiarkan kosong jika kita tidak yakin data dari model mana yang akan digunakan. Dalam kasus ini, seluruh model dari **model.list** akan dicek. *File model.list* ini harus berisi seluruh file *DATA/Model_** yang kita miliki. Untuk membuat *file model.list* ini, jalankan perintah (dalam sistem operasi linux atau UNIX) sbb:

```
ls DATA/Model_*>model.list
```

2. Nama *file* (dalam format ASCII) yang berisi informasi tentang posisi lintang (*lat*, dalam derajat), bujur (*lon*, dalam derajat), dan waktu (dalam [yyyy mm dd hh mm ss]). Semuanya ada 8 kolom. Untuk posisi lintang dan bujur berlaku konvensi sbb:

lat > 0 : lintang utara, *lon* > 0 : bujur timur

lat < 0 : lintang selatan, *lon* < 0 : bujur barat

[yyyy mm dd hh mm ss] : tahun bulan hari jam menit detik, dalam GMT.

Kolom waktu ini hanya diperlukan untuk peramalan dan dapat dibiarkan kosong jika kita hanya ingin mengekstrak konstanta harmonik pasut saja. Berikut adalah contoh isi dari *file lat_lon_time* ini:

9.795800	103.471901	2002	3	18	4	29	18
9.795800	103.471901	2002	3	28	2	28	22
9.795800	103.471901	2002	4	7	0	26	43
9.795800	103.471901	2002	5	6	18	21	48
9.795800	103.471901	2002	5	16	16	20	52
9.795800	103.471901	2002	5	26	14	19	13
9.795800	103.471901	2002	6	5	12	17	35
9.795800	103.471901	2002	6	15	10	15	56
9.795800	103.471901	2002	6	25	8	15	0
-29.676001	59.550201	2001	9	18	7	39	51
-29.676001	59.550201	2001	9	28	5	38	54
-29.676001	59.550201	2001	10	8	3	37	16
-29.676001	59.550201	2001	10	18	1	35	38
-29.676001	59.550201	2001	10	27	23	33	59
-29.676001	59.550201	2001	11	6	21	33	3
-29.676001	59.550201	2001	11	16	19	31	24
-29.676001	59.550201	2001	11	26	17	29	46
-29.676001	59.550201	2001	12	6	15	28	8
-29.676001	59.550201	2001	12	16	13	27	11
2.021030	72.294998	2002	4	24	11	18	31
2.021030	72.294998	2002	5	4	9	16	53
2.021030	72.294998	2002	5	14	7	15	14
2.021030	72.294998	2002	5	24	5	14	18
2.021030	72.294998	2002	6	3	3	12	39
2.021030	72.294998	2002	6	13	1	11	1
2.021030	72.294998	2002	6	22	23	9	23
2.021030	72.294998	2002	7	2	21	8	26
2.021030	72.294998	2002	7	12	19	6	48
2.021030	72.294998	2002	7	22	17	5	9

3. Mengekstrak konstanta harmonik pasut/meramalkan pasut untuk $z/U/V/u/v$ (elevasi (m)/transpor (m^2/det) barat-timur/transpor (m^2/det) utara-selatan/kecepatan (cm/det) barat-timur/kecepatan (cm/det) utara-selatan). Jadi jika kita ingin mengekstrak elevasi, maka baris ini kita isi dengan z .
4. Nama konstanta harmonik pasut yang akan diekstrak atau ikut (*include*) dalam perhitungan peramalan pasut, harus dalam huruf kecil dan dipisahkan dengan tanda koma. Biarkan baris ini kosong jika semua konstanta harmonik pasut ingin diekstrak atau dihitung dalam peramalan.
5. AP/RI – keluaran dalam amplitudo dan fasa (GMT) atau bilangan kompleks (real dan imajiner). Baris ini hanya berfungsi untuk mengekstrak konstanta harmonik pasut dan dapat dibiarkan kosong jika kita ingin meramalkan pasut.
6. oce/geo – mengekstrak konstanta harmonik pasut laut/geosentris, hanya untuk elevasi. Pasut geosentris ini cocok untuk membandingkan atau mengoreksi data altimetri. Baris ke-6 ini hanya diperlukan untuk meramalkan pasut dan dapat dibiarkan kosong jika isian di baris ke-3 bukan z .
7. Baris ke-7 ini hanya diperlukan untuk peramalan. Angka 1 berarti dilakukan koreksi terhadap konstanta minor yang tercantum dalam *file weights.h*, dan angka 0 berarti tidak dilakukan koreksi. Hanya berfungsi untuk 8 konstanta pasut, yaitu: M_2 , S_2 , K_1 , O_1 , N_2 , P_1 , K_2 , dan Q_1 .
8. Baris ke-8 berisi nama *file* untuk keluaran. Pada contoh di atas, nama *file* keluaran adalah **tmp**.

5. Cara meng-*compile* dan menjalankan OTPS

5.1. Cara meng-*compile*

Dalam sistem operasi Linux atau UNIX, untuk meng-*compile* program **extract_HC.f** dan **predict_tide.f** dapat dilakukan dengan perintah:

```
make extract_HC
```

dan

```
make predict_tide
```

dimana perintah ini akan membaca *file makefile* yang isinya:

```
predict_tide: predict_tide.f subs.f constit.h
    f90 -o predict_tide predict_tide.f subs.f
    rm *.o
extract_HC: extract_HC.f subs.f
    f90 -o extract_HC extract_HC.f subs.f
    rm *.o
```

Dengan menjalankan perintah

```
make extract_HC
```

akan dihasilkan *file* **extract_HC** yang siap dijalankan untuk mengekstrak konstanta harmonik pasut, sedangkan dengan menjalankan

```
make predict_tide
```

akan dihasilkan *file* **predict_tide** yang siap dijalankan untuk melakukan peramalan pasut.

Untuk para pengguna sistem operasi bukan Linux/UNIX (misalnya Windows), diperlukan *option* tertentu untuk meng-*compile*-nya. Contohnya, jika kita menggunakan **g95** untuk Windows (dapat diunduh di <http://ftp.g95.org/v0.9/g95-MinGW.exe>), maka perintahnya adalah:

```
g95 -fendian=big -o predict_tide predict_tide.f subs.f
```

atau

```
g95 -fendian=big -o extract_HC extract_HC.f subs.f
```

5.1. Cara menjalankan

Setelah kita mengedit *file* **setup.inp** dan *file-file* lain yang dibutuhkan sesuai dengan keperluan kita, maka program untuk mengekstrak konstanta harmonik pasut dan meramalkan pasut dapat dilakukan dengan perintah:

```
extract_HC<setup.inp
```

atau

```
predict_tide<setup.inp
```

Berikut adalah contoh keluaran dari **extract_HC**:

```
Model:          ind
Elevations (m)
  Lat      Lon      m2_amp  m2_ph   s2_amp  s2_ph   n2_amp  n2_ph
-5.920    106.667    0.051   172.2   0.038   102.7   0.015   116.9
-5.920    106.668    0.051   172.1   0.038   102.7   0.015   116.8
-5.920    106.669    0.051   172.1   0.038   102.8   0.015   116.8
-5.920    106.670    0.051   172.1   0.038   102.8   0.015   116.8
-5.920    106.671    0.051   172.1   0.038   102.9   0.015   116.7
-5.920    106.672    0.051   172.1   0.038   102.9   0.015   116.7
```

Dan berikut adalah contoh keluaran dari **predict_tide**:

```
Model:          ind
Constituents included: m2  s2  k1  o1  n2  p1  k2  q1

  Lat      Lon      mm.dd.yyyy  hh:mm:ss      z(m)
  1.600    128.583    09.18.2001  00:00:00      0.451
  1.600    128.583    09.18.2001  01:00:00      0.010
  1.600    128.583    09.18.2001  02:00:00     -0.439
  1.600    128.583    09.18.2001  03:00:00     -0.784
  1.600    128.583    09.18.2001  04:00:00     -0.941
```

1.600	128.583	09.18.2001	05:00:00	-0.872
1.600	128.583	09.18.2001	06:00:00	-0.594
1.600	128.583	09.18.2001	07:00:00	-0.178
1.600	128.583	09.18.2001	08:00:00	0.272
1.600	128.583	09.18.2001	09:00:00	0.641
1.600	128.583	09.18.2001	10:00:00	0.839
1.600	128.583	09.18.2001	11:00:00	0.816
1.600	128.583	09.18.2001	12:00:00	0.581
1.600	128.583	09.18.2001	13:00:00	0.196
1.600	128.583	09.18.2001	14:00:00	-0.239